

**BEST AVAILABLE COPY**



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstaaten
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,

UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für alle Bestimmungsstaaten

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(57) Zusammenfassung:** Bei einer Vorrichtung (1) zur Verhinderung des Kriechens eines optischen Elements (2), insbesondere einer Linse oder eines Spiegels, ist das optische Element (2) mit einer Fassung (3) über am Umfang des optischen Elements (2) angeordnete Verbindungsglieder (4) verbunden. Das optische Element (2) weicht in seiner Lage in einem Objektiv (PL) von der vertikalen Achslage ab. Zur Kompensation des Eigengewichts wenigstens des optischen Elements (2) ist zusätzlich zu den Verbindungsgliedern (4) wenigstens ein Halteelement (7) vorgesehen, über das das optische Element (2) an einem Gehäuseteil des Objektivs (PL) gehalten ist.

Vorrichtung zur Verhinderung des Kriechens eines optischen Elementes

5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verhinderung des Kriechens eines optischen Elements, insbesondere einer Linse oder eines Spiegels, wobei das optische Element mit einer Fassung über am Umfang des optischen Elements angeordnete Verbindungsglieder verbunden ist, und wobei das optische Ele-  
10 ment in seiner Lage in einem Objektiv von der vertikalen Achslage abweicht.

In der Halbleiterlithographie werden optische Elemente bisher durch verschiedene Klemmtechniken, Klemmungen in Kombination  
15 mit Formschluss und über stoffschlüssige Verbindungen, beispielsweise über Kleben, in einer Fassung gehalten. Es ist allgemein bekannt, dass bei Schraubverbindungen durch Gestaltung der Schraube die Elastizität des Schraubenschaftes möglichst klein zu halten ist, um den Vorspannkraftverlust durch  
20 Setz- und Relaxationseffekte des Schaftes in einem tolerierbaren Bereich zu halten. Bei Klemmverbindungen oder mechanischen Koppelstellen werden Elemente mit großer Elastizität eingesetzt, um so die Auswirkungen von Toleranzen beim Einbau und zeitliche Änderungen beim Betrieb auf die funktionsbe-  
25 stimmenden Teile zu minimieren.

Des weiteren ist aus der älteren DE 102 11 791.8 bekannt, dass bei vertikaler optischer Achse das optische Element auf elastische Verbindungsglieder bzw. Federelemente geklebt  
30 wird. Vor dem Einkleben des optischen Elements wird das optische Element auf die elastischen Verbindungsglieder aufgelegt und die optische Achse des optischen Elements parallel zur Fassungsachse ausgerichtet. Dabei wirkt die Schwerkraft annähernd entlang der optischen Achse des optischen Elements.  
35 Dann kann das optische Element mit den elastischen Verbindungsgliedern verbunden bzw. verklebt werden.

In Projektionsobjektiven kann eine Fassung mitsamt dem optischen Element so angeordnet werden, dass die optische Achse des optischen Elements horizontal oder in einem bestimmten Winkel zur Vertikalen geneigt ist. Dadurch wirkt die Schwerkraft nicht nur entlang der optischen Achse des optischen Elements, sondern auch quer dazu. Durch die quer zur optischen Achse wirkende Schwerkraft kommt es nun wegen der Lagerung des optischen Elements auf den elastischen Verbindungsgliedern im Allgemeinen zu einer Verschiebung der optischen Achse des optischen Elements quer zur Fassungsachse gegebenenfalls und zu einer Verkipfung der optischen Achse des optischen Elements gegenüber der Fassungsachse. Die elastischen Verbindungsglieder werden durch die quer zur optischen Achse wirkende Gewichtskraft des optischen Elements derart deformiert, dass das optische Element gegenüber seiner Ursprungslage in lateraler Richtung verschoben und verkippt wird.

Eine laterale bzw. seitliche Verschiebung des optischen Elements kann beim Einbau in das Projektionsobjektiv durch ein entsprechendes Verschieben der Fassung korrigiert werden, wobei eine Kippkorrektur nicht durch ein Verschieben der Fassung beim Einbau in das Objektiv möglich ist. Es ist möglich mit den üblichen Methoden der Elastizitätstheorie, z.B. bekannt aus Stuart. T-Smith: Flexures; Gordon and Breach Science Publishers, 2000., die elastischen Verbindungsglieder so zu gestalten und auszulegen, dass sie bei einer Belastung durch die Schwerkraft des optischen Elements quer zur optischen Achse nicht zu einer Verkipfung des optischen Elements, sondern nur zu einer lateralen Verschiebung führen. Die Lage des Schwerpunktes des optischen Elements spielt eine bedeutende Rolle bei der Auslegung der elastischen Verbindungsglieder gegen das Verkippen des optischen Elementes. Die sich bei seitlichem Versatz des optischen Elements ohne Verkippen ergebenden Schnittlasten der elastischen Verbindungsglieder zwischen Verbindungsglieder und optischem Element sollten zu-

sammengefasst als resultierende Kraft eine Kraft durch den Schwerpunkt des optischen Elements bilden, welche den gleichen Betrag wie die Schwerkraft besitzt und ihr entgegen wirkt. Da allerdings die Elastizität der Verbindungsglieder durch Fertigungs-ungenauigkeiten schwanken kann, kann es trotz einer theoretisch richtigen Auslegung der Verbindungsglieder gegen Verkippen zu einer Verschiebung der resultierenden Kraft und damit zu einem unzulässig großen Kipp des optischen Elements kommen. Die oben erwähnte Korrektur des Lateralversatzes ist allerdings nur dann möglich, wenn der Versatz sich zeitlich nicht ändert. Bei einer bevorzugten Befestigung des optischen Elements über Kleben kann es aber infolge von Schubspannungen zu einem Kriechen des Klebers kommen und damit wieder zu einem zeitlich veränderlichen Lateralversatz.

Aus der älteren DE 102 11 791.8 ist ebenfalls bekannt, zwischen den elastischen Verbindungsgliedern und dem optischen Element Einlege Teile, wie beispielsweise Winkel oder Keile, einzusetzen, die über entsprechende Verbindungen zwischen dem optischen Element und den Verbindungsgliedern zusätzliche Klebestellen schaffen. Auch durch eine dadurch entstehende Senkung der Kleberspannung und Erhöhung der Stabilität können die Belastungsänderungen hervorgerufen durch Relaxations-, Setz- und Kriecherscheinungen des optischen Elements an den Verbindungsstellen nicht grundsätzlich verringert werden. Die Einlege Teile verzögern lediglich die Problematik. Ebenso sind kriechfreie Kleber bisher nicht bekannt.

Aus Paul. R. Yoder: Design and Mounting of Precision and Small Mirrors in Optical Instruments, Spie Volume TT32, Seite 154, sind ebenfalls Laterallagerungen für das optische Element über zwei „harte“ Lager bekannt. Bei jeder Befestigungsart, beispielsweise beim Anschrauben oder Kleben eines optischen Elements, ergeben sich dabei große lokale Störungen im Bereich der Befestigungspunkte an dem optischen Element. Au-



Berdem ist eine einfache Montagetechnik durch Einkugeln, wie aus der US 4,733,945 bekannt, nicht möglich.

Aus Untersuchungen zur Laterallagerung von großen Spiegeln ist ebenfalls bekannt, die lateralen Lager tangential oder in einem bestimmten Winkel zur Tangente angreifen zu lassen und dadurch die Verbiegung des optischen Elements möglichst zu minimieren. Derartige Untersuchungen sind im Journal of modern Optics, 1988, von Schwesinger, G.: Lateral support of very large telescope mirrors by edge forces only, beschrieben. Werden die tangentialen Lager am optischen Element angeklebt, so ergibt sich ebenfalls ein Kriechen der Linse durch deren Schwerkraft.

Eine Befestigung des optischen Elements über Löten, wie aus der DE 197 35 760 A1 bekannt, bringt keine vorteilhafte Verbesserung, da sich bei Temperatúrausdehnung das optische Element verzerrt bzw. verzieht. Eine Befestigung über Klemmen erzeugt lokale Spannungen und erfordert einen größeren optisch ungenutzten Überlauf des optischen Elements.

Auch aktive Lagerungen, beispielsweise bekannt aus der DE 100 51 706 A1, wie das Nachstellen der Kriechbewegung des optischen Elements mit Hilfe eines XY-Manipulators und/oder eines Kipp-Manipulators stellen nur unbefriedigende Lösungen dar. Bei derartigen Lösungen würde zwar die Starrkörperbewegung ausgeglichen werden können, nicht jedoch die durch Spannungsumlagerung in den Klebestellen entstehenden Deformationen des optischen Elements. Außerdem erfordern derartige Lagerungen eine aufwändige Konstruktion, welche hohe Kosten verursacht und eine elektronische Ansteuerung notwendig macht.

Zum weiteren Stand der Technik wird auf Hale, L. et al.: New photolithography stepping machine, Lawrence Livermore National Laboratory, 1995, UCRL-ID-120313, Seite 4 ff. und Seite 25 verwiesen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Verhinderung des Kriechens von in Fassungen angeordneten und eingeklebten optischen Elementen zu schaffen, wobei optische  
5 Achsen der optischen Elemente nicht vertikal sind.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass zur Kompensation des Eigengewichts wenigstens des optischen Elements zusätzlich zu den Verbindungsgliedern wenigstens ein  
10 Halteelement vorgesehen ist, wobei in vorteilhafter Weise wenigstens ein Halteelement als weiches Federelement ausgebildet ist, über das das optische Element an einem Gehäuseteil des Objektivs gehalten ist.

15 Das optische Element, welches mit einer Fassung über Verbindungsglieder durch Kleben verbunden ist, weist wenigstens ein Halteelement zur Eigengewichtskompensation bzw. zum Ausgleich des Kippfehlers auf. Das Kriechen kann nun dadurch verhindert werden, dass das Eigengewicht des optischen Elements durch  
20 das wenigstens eine Halteelement, welches als weiches, vorgespanntes Federelement ausgebildet sein kann, aufgenommen wird. Die Vorspannungskraft des Federelements sollte dabei der Gewichtskraft des optischen Elements entsprechen. Durch eine derartige Vorrichtung können die Klebestellen zwischen  
25 den Verbindungsgliedern und dem optischen Element nahezu spannungslos hinsichtlich der das Kriechen auslösenden Schubspannung sein.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das wenigstens eine Halteelement als pneumatisches Federelement ausgebildet ist, welches mit dem optischen Element verbunden ist.  
30

Erfindungsgemäß kann auch das Halteelement als pneumatisches  
35 Federelement ausgebildet sein, was eine sehr einfache Variation der Federsteifigkeit des Federelements durch einen an

einer anderen Stelle befindlichen Gasspeicher ermöglicht. Hierbei kann auch vorgesehen sein, dass die stützenden Kräfte verteilt werden können, und somit die Deformation des optischen Elementes in Folge der Federkräfte minimiert wird.

5

In einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Erfindung ist ferner vorgesehen, dass die Wirkungsgerade der resultierenden Kraft der Federelemente durch einen Verstellmechanismus in den Schwerpunkt des optischen Elements verschiebbar ist.

10

Bei Einsatz eines Verstellmechanismus, mit dem die Wirkungsgerade der resultierenden Kraft aus den Federelementen bzw. Gewichtskompensationsfederelementen verschoben werden kann, kann die Wirkungsgerade derart verschoben werden, dass ein

15 der Verkipfung entgegenwirkendes Drehmoment um den Schwerpunkt des optischen Elements übertragen werden kann, um somit eine unzulässig große Verkipfung des optischen Elements auszugleichen.

20 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt:

Figur 1 eine prinzipmäßige Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Verbindung mit einem optischen Element;

Figur 2 eine prinzipmäßige Darstellung einer Möglichkeit der Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Figur 3 eine prinzipmäßige Darstellung einer weiteren alternativen Möglichkeit der Ausgestaltung der Vorrichtung;



Figuren      Darstellung einer möglichen Variante der Anbringung  
4a und 4b      von Halteelementen an das optische Element und der  
Kräfteverteilung; und

Figuren      eine prinzipmäßige Darstellung eines Verstellmecha-  
5a und 5b      nismus zur Verschiebung der Wirkungsgerade der re-  
sultierenden Kraft der Halteelemente, wobei in Fi-  
gur 5a die Draufsicht und in Figur 5b die Seitenan-  
sicht dargestellt ist.

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung 1 in einem prinzipmäßig und  
ausschnittsweise dargestellten Projektionsobjektiv PL für die  
5 Halbleiterlithographie, wobei die Vorrichtung 1 in Verbindung  
mit einem optischen Element 2, insbesondere einer Linse oder  
eines Spiegels, dargestellt ist. Das optische Element 2, wel-  
ches von seiner Lage von einer vertikalen Achslage abweicht,  
ist mit einer Fassung 3 über am Umfang des optischen Elements  
10 2 angeordnete Verbindungsglieder 4 verbunden. Die Verbindung  
des optischen Elements 2 mit den Verbindungsgliedern 4 er-  
folgt über Klebemittel 5. Das optische Element 2 wird wie bei  
Vorhandensein einer vertikalen optischen Achse gelagert, wo-  
bei Kräfte in Richtung einer optischen Achse 6 des optischen  
15 Elements 2 wie bisher aufgenommen werden. Die Vorrichtung 1  
weist Halteelemente 7 auf, welche jeweils an ihren gegenüber-  
liegenden Endpunkten tangential mit dem optischen Element 2  
verbunden sind.

20 In Figur 1 ist aufgrund der Darstellung in Seitenansicht nur  
ein Halteelement 7 aufgezeigt, wobei das zweite Halteelement  
7 von dem ersten Halteelement 7 verdeckt wird. Die Halteele-  
mente 7 sind als weiche vorgespannte Federelemente ausgebil-  
det. Die Vorspannung der Federelemente 7 entspricht dabei dem  
25 Eigengewicht des optischen Elements 2. Dies ergibt eine ge-  
genüber kleinen Verschiebungen der Befestigungspunkte der Fe-  
derelemente 7 an dem optischen Element 2 unempfindliche Lage-

5 rung. Dadurch, dass die Federelemente 7 das Eigengewicht des optischen Elements 2 kompensieren, werden die Befestigungspunkte (Endpunkte) bzw. die Klebstellen 5 nahezu spannungslos hinsichtlich der das Kriechen auslösenden Schubspannung. Wird  
10 der Befestigungspunkt für das weiche Federelement 7 an dem optischen Element 2 angeklebt, so ist ein Kriechen hier ungefährlich, da dies die Vorspannkraft des Federelements 7 nur unwesentlich ändern würde. Da die weichen Federelemente 7 das Gewicht des optischen Elements 2 aufnehmen, was geometrische  
15 Veränderungen im Laufe der Zeit während des Einsatzes des Projektionsobjektivs PL, wie beispielsweise Setzen oder Kriechen, hervorruft, verursachen diese aber durch ihre Weichheit keine Belastungsänderungen am optischen Element 2, welche Deformationen oder Starrkörperbewegungen verursachen können.

15 Der Kraftangriff, die Kraftrichtung und der Kraftbetrag der Federelemente 7 können so optimiert werden, dass der Einfluss auf die Linsen- oder Spiegeldeformation sehr gering ist. Derartige Lösungen sind bereits aus dem Stand der Technik bekannt und können beispielsweise aus der Theorie von Schwesinger, G. (1954): Optical Effect of Flexure in Vertically Mounted Precision Mirrors, f. Opt. Soc. Am 44:417 abgeleitet werden. Des weiteren kann die Verstellung der Kräfte in Betrag  
20 und Richtung durch Stellelemente 8, wie beispielsweise Stellschrauben, piezoelektrische, elektromagnetische oder pneumatische Antriebe, vorgenommen werden. Diese dienen zu Justagezwecken bei der Deformationseinstellung des optischen Elements 2. Die Gewichtskraft ist in Figur 1 durch einen Pfeil mit dem Bezugszeichen  $F_G$  dargestellt.

30 Figur 2 zeigt eine weitere konstruktive Ausgestaltung der Vorrichtung 1, wobei in dieser Ausgestaltung nur ein Halteelement 7 vorgesehen ist, welches ebenfalls als Federelement ausgebildet ist. Das Federelement 7 ist dabei mit einem Verbindungselement 9 über Befestigungselemente 10, die ebenso wie die Federelemente 7 gemäß Figur 1 auf gegenüberliegenden

Seiten tangential an dem optischen Element 2 angreifen, mit dem optischen Element 2 verbunden. Wenn die optische Achse 6 in horizontaler Richtung verläuft, bedeutet dies, dass die Federelemente 7 bzw. Befestigungselemente 10 seitlich in der horizontalen Ebene angreifen. Die Befestigungselemente 10 können als Bänder, Drähte oder Seile ausgebildet sein, welche wiederum an das optische Element 2 angeklebt oder auch angeschraubt werden können. In Figur 2 ist seitlich neben der Darstellung der Vorrichtung 1 die Wirkungslinie durch den Schwerpunkt des optischen Elements 2 dargestellt. Somit kann auch hier das Kriechen des optischen Elements 2 dadurch behindert werden, dass das Eigengewicht des optischen Elements 2 durch die Befestigungselemente 10 und dem weichen Federelement 7 aufgenommen wird.

15 In Figur 3 ist eine weitere Alternativmöglichkeit der Vorrichtung 1 dargestellt. Als Halteelemente werden hier pneumatische Federelemente 11 eingesetzt, die eine Kraft in der durch Pfeile angezeigten Richtung in das optische Element 2 einleiten. Die pneumatischen Federelemente 11 greifen auf gegenüberliegenden Seiten an dem optischen Element 2 an und weisen jeweils ein Kolbenelement auf, welches an dem optischen Element 2 angreift. Die pneumatischen Federelemente 11 weisen gleichen Druck auf, wobei die Federelemente 11 mit einem Gasbehälter 12 verbunden sind, der einen konstanten Druck vorsieht. Dabei ist es wichtig, dass der Druck so zu wählen bzw. wählbar oder einstellbar ist, dass das Eigengewicht des optischen Elements 2 kompensiert wird. Durch den Gasbehälter 12 ist es möglich, sehr einfach die Federsteifigkeit der Federelemente 11 zu variieren. In Figur 3 ist ebenfalls seitlich der Vorrichtung 1 die Wirkungslinie durch den Schwerpunkt des optischen Elements 2 angegeben. Bei einer pneumatischen Lösung können die abstützenden Kräfte auf eine größere Fläche verteilt werden, wie bereits in Figur 3 dargestellt, und damit die Deformation des optischen Elements 2 in Folge der Federkräfte minimiert werden. Somit liegt eine gleichmä-

Bige Kräfteverteilung vor.

In Figur 4a ist eine mögliche Variante der Anbringung der Halteelemente 7 oder der Befestigungselemente 10 an dem optischen Element 2 dargestellt. Die Halteelemente 7 oder die Befestigungselemente 10 sind gemäß der Figuren 1 und 2 an dem optischen Element 2 derart angebracht, dass die Halteelemente 7 oder die Befestigungselemente 10 senkrecht zur optischen Achse 6 des optischen Elements 2 am optischen Element 2 angebracht sind und genau entgegengesetzt zu einer Kraft  $F_G'$ , welche zusammen mit einer Kraft  $F_z$  die Gewichtskraft  $F_G$  ergibt, wirken. Die Kraft  $F_z$  wird wie bisher mittels der Verbindungsglieder 4 kompensiert bzw. von diesen aufgenommen. Es ist aber auch möglich, wie in Figur 4a dargestellt, die Halteelemente 7 oder die Befestigungselemente 10 unter einen bestimmten Winkel  $\alpha$  zu einer Achse, welche orthogonal zur optischen Achse 6 steht, am optischen Element 2 anzubringen.

In Figur 4b ist prinzipmäßig die Kräfteverteilung in Draufsicht auf das optische Element 2 dargestellt, wobei die Kräfte gegenüber der Zeichenebene auch geneigt sein können.

Die Anbringung von Federelementen, speziell der pneumatischen Federelemente 11, und deren Aktivierung erfolgt nach der in herkömmlicher Weise durchgeführten Montage und Justage des optischen Elements 2. Durch die weichen Federelemente 7 bzw. 11 sind keine kritischen Montagetoleranzen für die Befestigung der Federelemente 7 bzw. 11 am optischen Element 2 vorhanden.

Eine laterale Verschiebung des optischen Elements 2 wird durch die Vorrichtung 1 in dem in Figur 1 dargestellten Projektionsobjektiv PL nahezu verhindert, wobei aber eine Verkipfung der optischen Achse 6 des optischen Elements 2 mit einer Vorrichtung 1 nach der Figur 1 nicht kompensiert werden kann.

Der Kraftangriff der Halteelemente 7 sollte möglichst derart erfolgen, dass es auch zu keiner Verkipfung der optischen Achse 6 des optischen Elements 2 gegenüber einer Fassungsachse der Fassung 3 kommt.

Da die Elastizität der Verbindungsglieder 4 durch Fertigungsungenauigkeiten oder auch Materialinhomogenitäten schwanken kann, kann es trotz der richtigen Auslegung der Verbindungsglieder 4 gegen einen Kipp zu einer unzulässig großen Verkipfung des optischen Elements 2 gegenüber der Fassung 3 kommen.

Ebenso tritt ein Kipp- bzw. Drehmoment auf, wenn der Kraftangriff der Halteelemente bzw. Federelemente 7 oder der Befestigungselemente 10 nicht im Schwerpunkt 13 des optischen Elementes erfolgt.

In den Figuren 5a und 5b ist eine Maßnahme dargestellt, wodurch man die resultierende Kraft von zwei Federelementen 7 so legen bzw. verschieben kann, dass die resultierende Kraft  $F_{res}$  am Schwerpunkt 13 angreift.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel sind zwei Paare von Federelementen 7 vorgesehen, wobei das optische Element 2 seitlich mit jeweils einem Paar Federelemente 7 verbunden ist. Jedes Paar Federelemente 7 wird um einen Weg  $s_0$  vorgespannt, so dass die resultierende Kraft  $F_{res}$  des Federelementepaares 7, welche auf das optische Element 2 übertragen wird, in ihrem Betrag so eingestellt wird, dass sie die Gewichtskraft des optischen Elementes 2 kompensiert. Wenn alle Federn bezüglich der Federkraft gleich ausgebildet sind und auch die aufgebraachte Vorspannung gleich ist, so beträgt die resultierende Kraft  $F_{res}$ , die am Schwerpunkt 13 angreift, auf jeder Seite des optischen Elementes 2 die Hälfte der Gewichtskraft. Dabei verläuft die resultierende Kraft  $F_{res}'$  jeweils mittig zwischen den Federelementen 7 auf jeder Seite, wie dies gestrichelt



dargestellt ist. Befindet sich der Schwerpunkt 13 nicht in idealer Weise auf der Wirkungsgeraden von  $F_{res}'$ , sondern, wie dargestellt, um einen Abstand  $e$  in Richtung auf ein Federelement 7 versetzt, so würde ein Kipp- bzw. Drehmoment erzeugt werden. Um dies zu vermeiden, muss die Wirkungsgerade der resultierenden Kraft  $F_{res}'$  in den Schwerpunkt 13 verschoben werden, wo sie dann als  $F_{res}$  mit dem gleichen Betrag der Gewichtskraft  $F_G$  entgegenwirkt.

- 10 Die Verschiebung der Wirkungsgeraden der resultierenden Kraft  $F_{res}'$  in den Schwerpunkt 13 wird dadurch erreicht, dass ein Federelement 7 eines Federelementepaares unabhängig von dem anderen Federelement 7 des Federelementepaares durch eine nur schematisch dargestellte Spanneinrichtung 14 als Verstellme-
- 15 chanismus um den Weg  $\Delta s$  mit einer Kraft stärker gespannt und das andere Federelement 7 um eine Kraft gleicher Größe entspannt wird. Dabei ist darauf zu achten, dass  $F_{res}$  gesamt von beiden Seiten weiterhin der Gewichtskraft  $F_G$  entspricht, um die gewünschte Kompensation der Gewichtskraft zu erreichen
- 20 und - entsprechend diesem Ausführungsbeispiel - auch einen Kipp zu vermeiden.

Bei einem Paar Federelemente 7, das um den Weg  $s_0$  vorgespannt ist und dessen eines Federelement 7 nunmehr um den Weg  $\Delta s$

25 zusätzlich gespannt und das andere Federelement 7 um den Weg  $\Delta s$  entspannt ist, ergibt sich der Betrag der resultierenden Kraft  $F_{res}$  aus folgender Gleichung, wobei die Federkonstante  $c$  für die Federelemente 7 eines Paares jeweils gleich groß sein soll:

30

$$F_{res} = c(s_0 + \Delta s) + c(s_0 - \Delta s) = 2cs_0.$$

Der Abstand  $e$  des Schwerpunktes 13 von  $F_{res}'$ , d.h. die Mittellinie zwischen den beiden Federn berechnet sich nach folgenden

35 der Formel:

$$e = h \cdot \Delta s / s_0$$

wobei h jeweils der Abstand eines Federelementes 7 von der  
5 Mittellinie zwischen den beiden Federelementen 7 ist.

Bei einer Ausführung der Vorrichtung 1 mit dem in den Figuren  
5a und 5b dargestellten Verstellmechanismus ist die Vorrich-  
tung 1 somit gleichzeitig als Kipp- und Gewichtskompensator  
10 ausgeführt, um so ein Kriechen und ein Kippen des optischen  
Elements 2 beim Einbau und im Betrieb im Projektionsobjektiv  
PL zu verhindern.

15

20

## Patentansprüche:

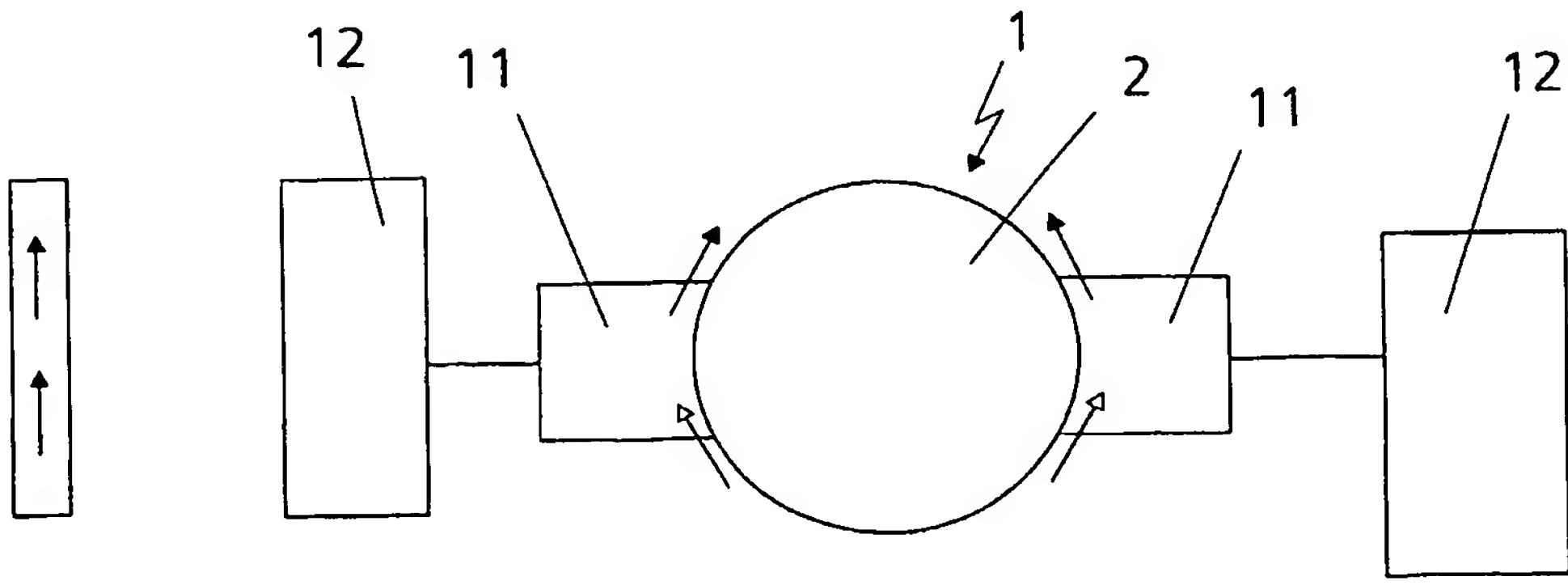
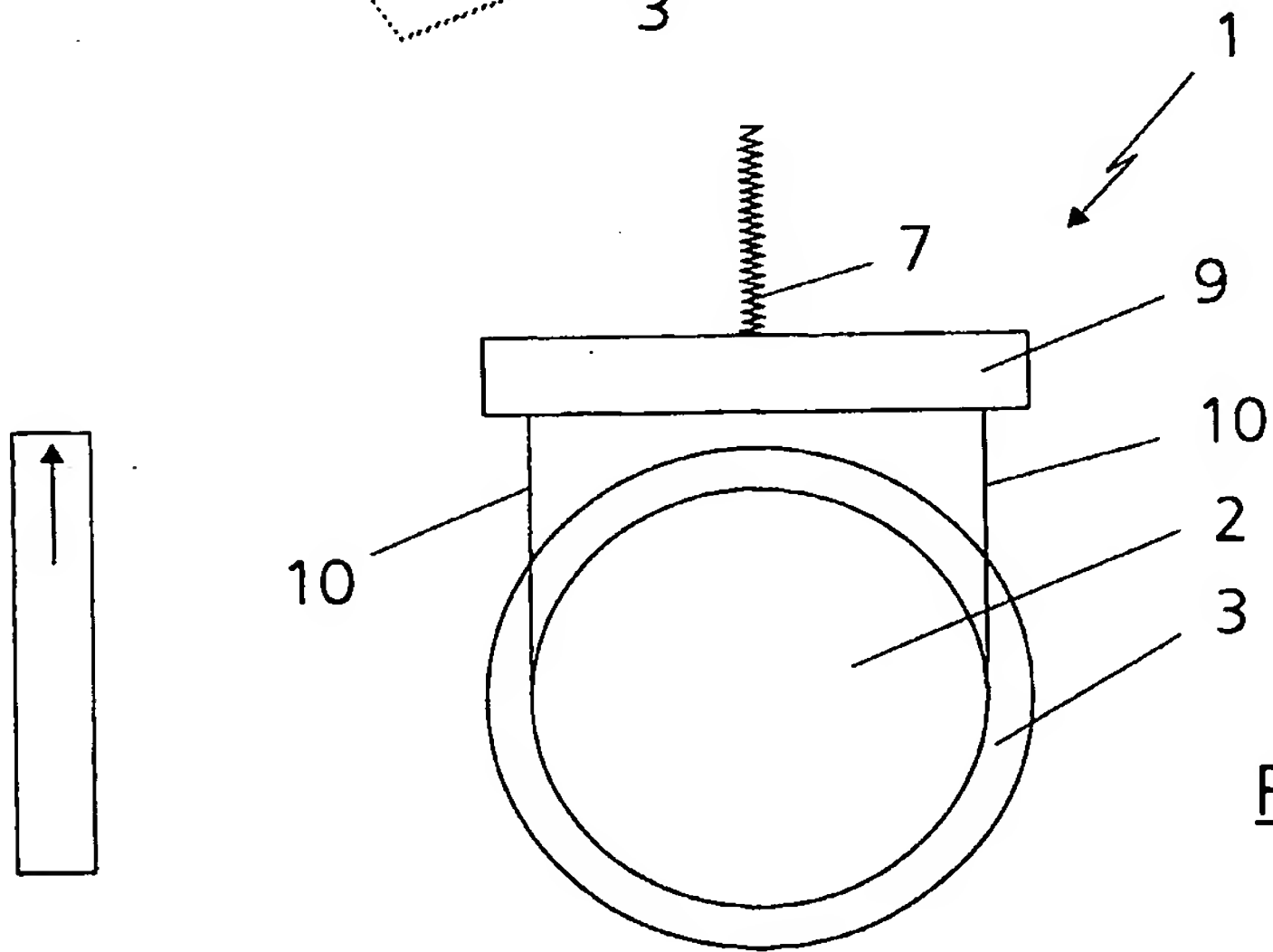
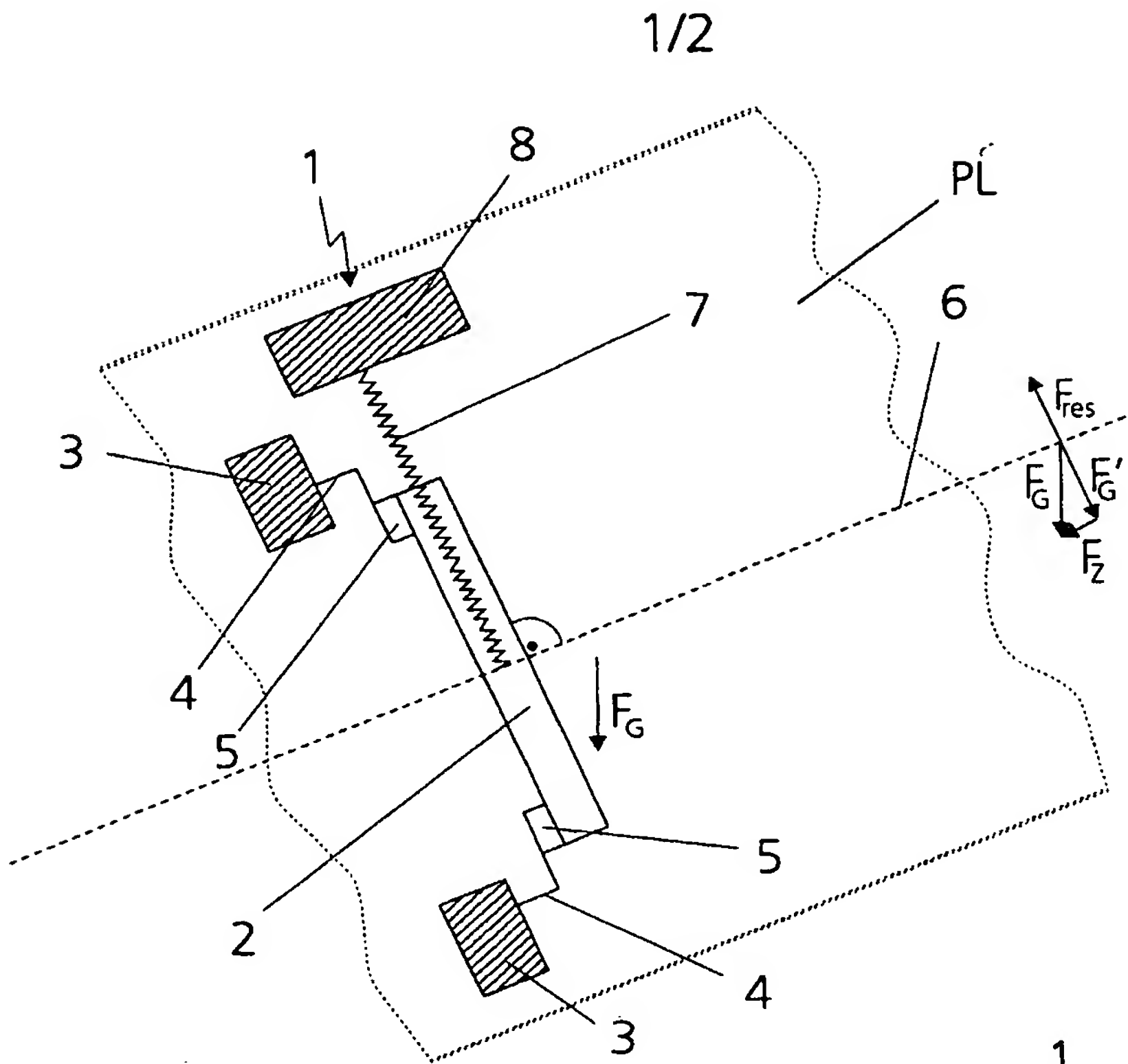
1. Vorrichtung zur Verhinderung des Kriechens eines optischen Elements, insbesondere einer Linse oder eines Spiegels, wobei das optische Element mit einer Fassung über am Umfang des optischen Elements angeordnete Verbindungsglieder verbunden ist, und wobei das optische Element in seiner Lage in einem Objektiv von der vertikalen Achslage abweicht, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kompensation des Eigengewichts wenigstens des optischen Elements (2) zusätzlich zu den Verbindungsgliedern (4) wenigstens ein Halteelement (7,11) vorgesehen ist, über das das optische Element (2) an einem Gehäuseteil des Objektivs (PL) gehalten ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (2) von dem wenigstens einem Halteelement (7,11) auf der von der Gewichtskrafttrichtung abgewandten Seite an dem Gehäuseteil des Objektivs (PL) gehalten ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Halteelement (7) zusätzlich zur Kompensation des Eigengewichts auch zur Kompensation eines Kippfehlers vorgesehen ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Halteelement als Federelement (7) ausgebildet ist, wobei dessen Federkraft beim Kriechen des optischen Elements (2) im wesentlichen keine Lageänderung des optischen Elements (2) ergibt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Federelement (7) vorgespannt ist, wobei die Vorspannung wenigstens annähernd dem Eigengewicht des optischen Elements (2) entspricht.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Federelemente (7) vorgesehen sind, welche jeweils an ihren Endpunkten tangential mit dem optischen Element (2) verbunden sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Endpunkte der Federelemente (7) mit dem optischen Element (2) über Kleben verbunden sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein zentrales Federelement (7) vorgesehen ist, das mit einem Verbindungselement (9) verbunden ist, an welchem Befestigungselemente (10) angeordnet sind, die tangential an dem optischen Element (2) angreifen.
9. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Halteelement (7) als pneumatisches Federelement (11) ausgebildet ist, welches mit dem optischen Element (2) verbunden ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Halteelement (7,11) senkrecht zu einer optischen Achse (6) des optischen Elements (2) an dem optischen Element (2) angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Halteelement (7) über wenigstens ein Stellelement (8) verstellbar ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Federelemente (7) so angeordnet sind, dass eine Wirkungsgerade der resultierenden Kraft durch einen Schwerpunkt (13) des optischen Elements (2) verläuft.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verstellmechanismus (14) vorgesehen ist, durch den die Wirkungsgerade der resultierenden Kraft der Federelemente (7) in den Schwerpunkt (13) des optischen Elements (2) verschiebbar ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstellmechanismus (14) zwei Paar Federelemente (7) aufweist, wobei jedes Federelement (7) in einem Abstand vom Schwerpunkt (13) des optischen Elements (2) am optischen Element (2) angreift, und wobei die Federelemente (7) einzeln durch den Verstellmechanismus (14) verstellbar sind.
15. Projektionsobjektiv für die Halbleiterlithographie mit wenigstens einem optischen Element, wobei das optische Element mit einer Fassung über am Umfang des optischen Elements angeordnete Verbindungsglieder verbunden ist, und wobei das optische Element in seiner Lage von der vertikalen Achslage abweicht, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kompensation des Eigengewichts wenigstens des optischen Elements (2) zusätzlich zu den Verbindungsgliedern (4) wenigstens ein Halteelement (7,11) vorgesehen ist, über das das optische Element (2) an einem Gehäuseteil gehalten ist.
16. Projektionsobjektiv nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (2) von dem wenigstens einem Halteelement (7,11) auf der von der Gewichts-kraftrichtung abgewandten Seite an dem Gehäuseteil gehalten ist.
17. Projektionsobjektiv nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Halteelement (7) zusätzlich zur Kompensation des Eigengewichts auch zur Kompensation eines Kippfehlers vorgesehen ist.



18. Projektionsobjektiv nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Halteelement als Federelement (7) ausgebildet ist, wobei dessen Federkraft beim Kriechen des optischen Elements (2) im wesentlichen keine Lageänderung des optischen Elements (2) ergibt.
19. Projektionsobjektiv nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Federelemente (7) vorgesehen sind, welche jeweils an ihren Endpunkten tangential mit dem optischen Element (2) verbunden sind.
20. Projektionsobjektiv nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Halteelement als pneumatisches Federelement (11) ausgebildet ist, welches mit dem optischen Element (2) verbunden ist.
21. Projektionsobjektiv nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Halteelement (7,11) senkrecht zu einer optischen Achse (6) des optischen Elements (2) an dem optischen Element (2) angeordnet ist.



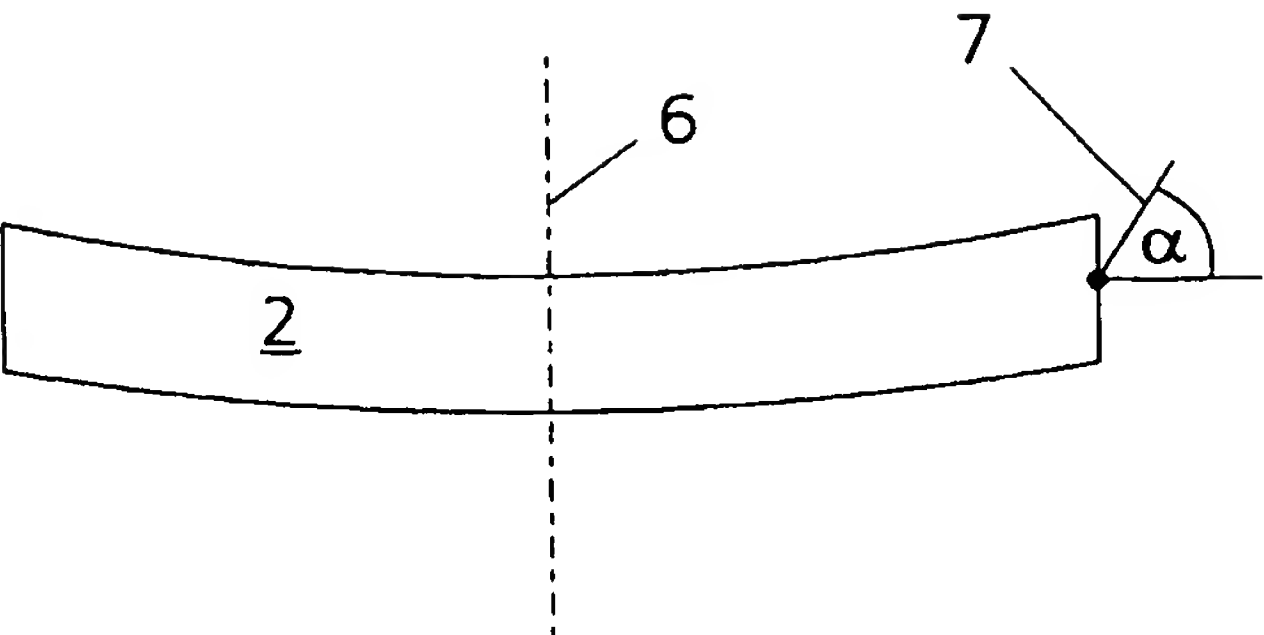


Fig. 4a

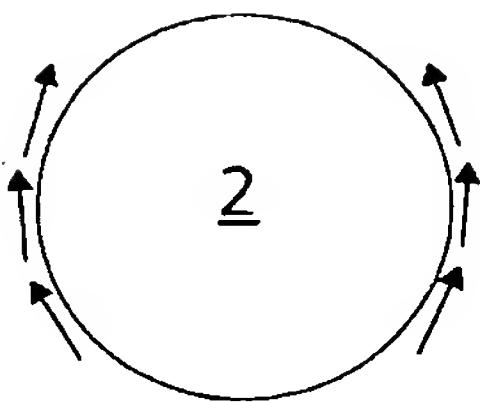


Fig. 4b

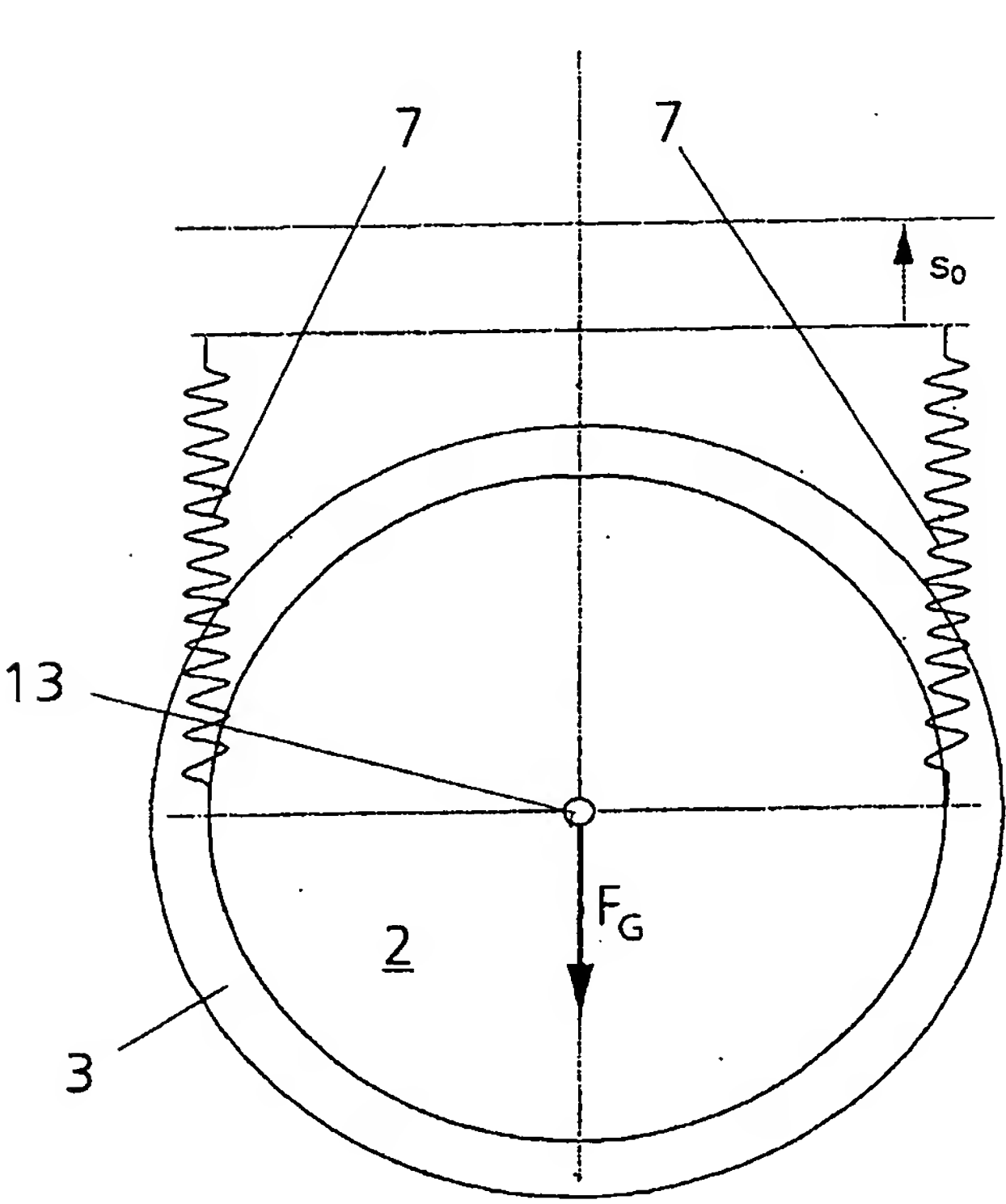


Fig. 5a

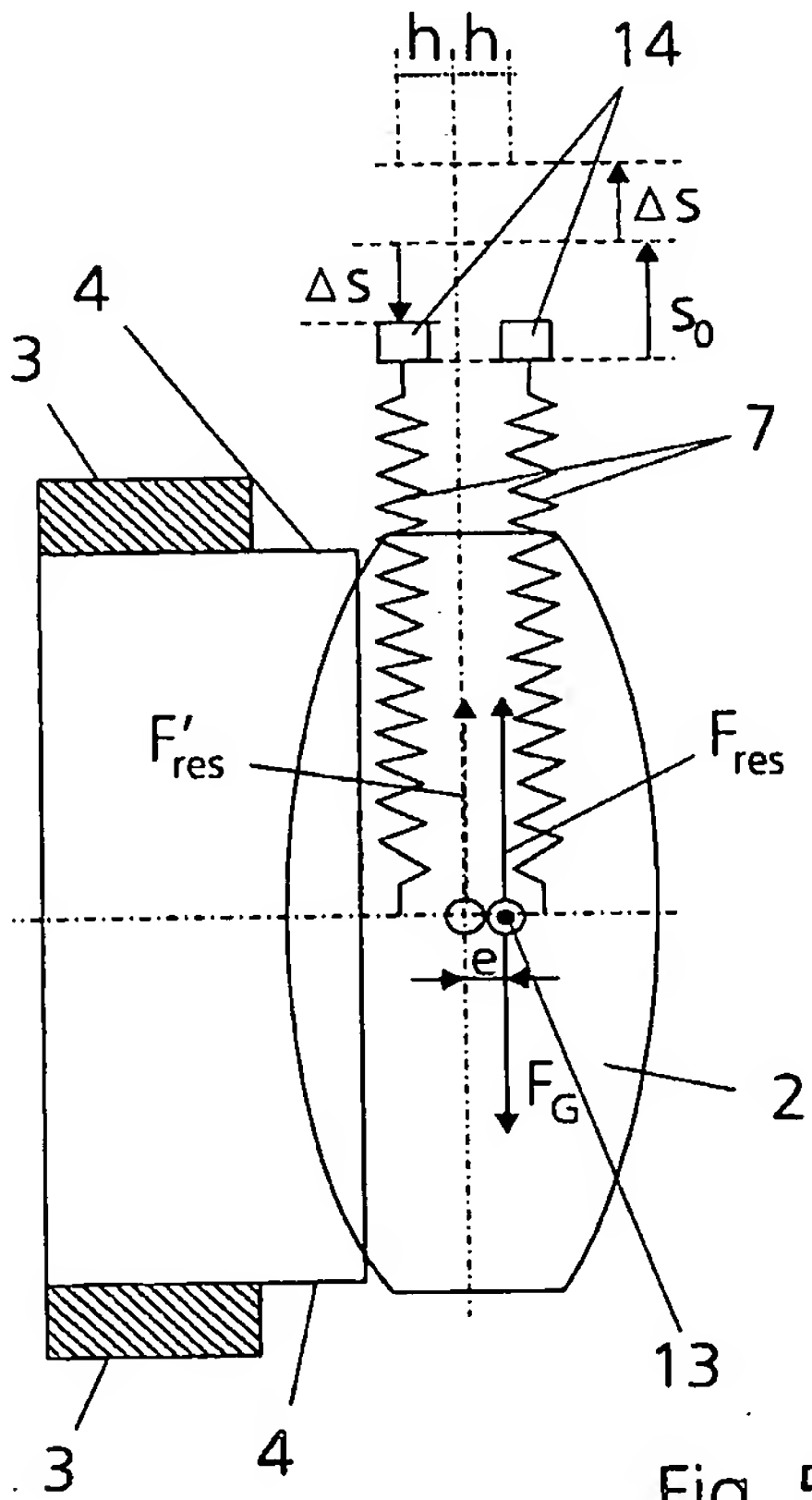


Fig. 5b

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/009326A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G02B7/00 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 026 532 A (ZEISS CARL ; ZEISS STIFTUNG (DE)) 9 August 2000 (2000-08-09) claims 5,13; figures 1-11 -----	1-7, 10-12
X	US 6 556 364 B2 (MEEHAN MICHAEL F ET AL) 29 April 2003 (2003-04-29) abstract column 1, line 10 - line 45; figures 1-6 -----	1-21
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 107 (P-686), 7 April 1988 (1988-04-07) -& JP 62 239115 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 20 October 1987 (1987-10-20) abstract; figure 1 ----- -/-	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 November 2004

Date of mailing of the international search report

08/12/2004

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Daffner, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/009326

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 10, 8 October 2003 (2003-10-08) - & JP 2003 172857 A (CANON INC), 20 June 2003 (2003-06-20) abstract	1-21
P, A	----- EP 1 376 183 A (NIKON TECHNOLOGIES INC ; NIPPON KOGAKU KK (JP)) 2 January 2004 (2004-01-02) the whole document -----	1-21



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/009326

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1026532	A	09-08-2000	DE 19904152 A1	10-08-2000
			DE 50003682 D1	23-10-2003
			EP 1026532 A1	09-08-2000
			JP 2000227533 A	15-08-2000
			TW 438985 B	07-06-2001
			US 6392825 B1	21-05-2002
US 6556364	B2	25-10-2001	US 2001033437 A1	25-10-2001
			US 2003202260 A1	30-10-2003
			AU 5378301 A	07-11-2001
			EP 1277071 A2	22-01-2003
			JP 2003532136 T	28-10-2003
			WO 0181970 A2	01-11-2001
JP 62239115	A	20-10-1987	NONE	
JP 2003172857	A	20-06-2003	NONE	
EP 1376183	A	02-01-2004	JP 2004031491 A	29-01-2004
			EP 1376183 A2	02-01-2004
			US 2003234989 A1	25-12-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/009326

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G02B7/00 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G02B G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 026 532 A (ZEISS CARL ; ZEISS STIFTUNG (DE)) 9. August 2000 (2000-08-09) Ansprüche 5,13; Abbildungen 1-11	1-7, 10-12
X	US 6 556 364 B2 (MEEHAN MICHAEL F ET AL) 29. April 2003 (2003-04-29) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 10 - Zeile 45; Abbildungen 1-6	1-21
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 012, Nr. 107 (P-686), 7. April 1988 (1988-04-07) -& JP 62 239115 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 20. Oktober 1987 (1987-10-20) Zusammenfassung; Abbildung 1	1
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. November 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/12/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Daffner, M

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 10, 8. Oktober 2003 (2003-10-08) -& JP 2003 172857 A (CANON INC), 20. Juni 2003 (2003-06-20) Zusammenfassung -----	1-21
P,A	EP 1 376 183 A (NIKON TECHNOLOGIES INC ; NIPPON KOGAKU KK (JP)) 2. Januar 2004 (2004-01-02) das ganze Dokument -----	1-21

# INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/009326

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1026532 A	09-08-2000	DE 19904152 A1	10-08-2000
		DE 50003682 D1	23-10-2003
		EP 1026532 A1	09-08-2000
		JP 2000227533 A	15-08-2000
		TW 438985 B	07-06-2001
		US 6392825 B1	21-05-2002
US 6556364 B2	25-10-2001	US 2001033437 A1	25-10-2001
		US 2003202260 A1	30-10-2003
		AU 5378301 A	07-11-2001
		EP 1277071 A2	22-01-2003
		JP 2003532136 T	28-10-2003
		WO 0181970 A2	01-11-2001
JP 62239115 A	20-10-1987	KEINE	
JP 2003172857 A	20-06-2003	KEINE	
EP 1376183 A	02-01-2004	JP 2004031491 A	29-01-2004
		EP 1376183 A2	02-01-2004
		US 2003234989 A1	25-12-2003

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**